

Академик АН БССР К. И. ЛУКАШЕВ, А. Л. ЖУХОВИЦКАЯ

НЕКОТОРЫЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕРНЫХ ВОД БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Полесье известно как уникальный ландшафтный район, характеризующийся обширной заболоченностью и обводненностью ⁽¹⁾. Хотя в общем ландшафтном комплексе озерность Полесской низменности составляет лишь 0,15%, различные по условиям возникновения и развития озерные бассейны этой территории содержат воды, формирование состава которых связано со значительным влиянием органического вещества.

Характер гидрогеохимических процессов при разном влиянии органического вещества гумусовой природы представляет не только известный теоретический интерес (тем более, что за последние 10 лет вопросы гидрохимии озер Полесья практически не освещались в печати ⁽²⁾). Он важен в связи с прогнозом мероприятий по мелиорированию, урегулированию водного режима и сельскохозяйственному использованию Полесской низменности.

В настоящем сообщении на примере некоторых озерных водоемов (озера Споровское, Бобровицкое, Вулька, Луково) (рис. 1), различающихся

по генезису и форме котловин, характеру водосборных площадей и современным условиям осадконакопления, рассматриваются особенности гидрохимии озерных вод и поведения отдельных элементов.

Озера Споровское и Бобровицкое являются остатками бывшего Ясельдинского водоема, сокращение размеров которого в древнем голоцене привело к обособлению их бассейнов. Развитие оз. Споровского связано с р.

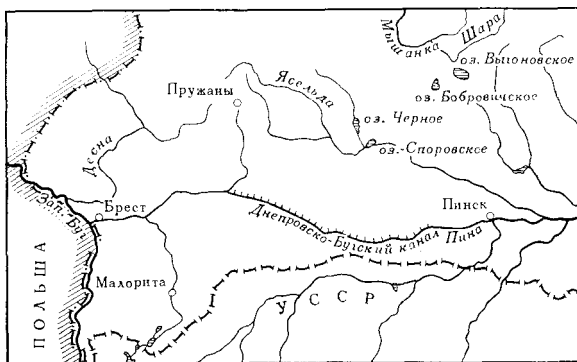


Рис. 1. Озера юго-западной части Белорусского Полесья

Ясельдой и ее притоками. Значительные площади этих озер (10,25 и 13,24 км² соответственно), при небольших глубинах (максимальная глубина 4,2 и 2,2 м) определяют водный баланс и режим водоемов. Гомотермия, преобладающее поверхностное питание (80—90% у оз. Споровского; 30—40% у Бобровицкого ⁽³⁾), высокая заболоченность водосборных площадей служат предпосылками сложных процессов взаимодействия растворенного минерального и органического вещества. Условным количественным выражением его может служить величина органо-минерального коэффициента (о. м. к. — отношение минерализации к $C_{орг}$), рассчитанного для поверхностных и природных вод озер (табл. 1). В водах Споровского и Бобровицкого величины о. м. к. колеблются в пределах 5—10, увеличиваясь в придонных слоях, где роль органических компонентов относительно возрастает, несмотря на рост общей минерализации.

Двухплесовый водоем — оз. Луково и термокарстовый — Вулька имеют небольшие площади (3,5 и 0,59 км²) и значительные по сравнению с предыдущими водоемами глубины (8,5 и 24,0 м соответственно). Температурное расслоение водной массы, обусловленное формой котловин этих озер, более чем вдвое меньшая концентрация органических веществ при равном или более высоком количестве минеральных солей (оз. Вулька)

Т а б л и ц а 1

Химический состав вод (мг/л) разнотипных озерных бассейнов
Полесской низменности (июнь 1969 г.)

Озеро	Глубина, м	Т-ра, °С	НСО ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ ионов М	Сорг *	М / Сорг
Споровское	1,0—1,5 1,0—1,3	21,2 21,2	163,48 170,80	6,56 6,25	11,52 8,65	51,10 51,70	4,50 4,62	3,90 4,54	0,52 0,65	241,58 247,21	24,8 28,1	9,7 8,8
Бобровицкое	0,5 2—2,5	24,0 22,3	96,99 96,38	3,48 3,48	6,73 7,21	28,86 28,86	3,16 3,16	2,54 2,54	0,91 0,91	142,67 142,54	23,0 29,2	6,2 4,8
Бобровицкое **	0,5—1,0 3,0—3,5	1,2 3,6	124,44 129,32	2,84 3,65	7,41 8,23	36,53 36,92	4,26 4,50	2,10 4,14	0,91	177,58 186,76	16,5 28,1	10,7 6,6
Луково (I)	0,5 7,5—8,0	21,6 16,0	136,64 148,84	6,97 7,59	11,11 6,99	46,49 47,69	1,94 2,19	4,54 5,28	0,09	207,78 218,58	7,5 10,1	27,7 21,6
Луково (II)	0,5 6,7—7,2	21,3 15,4	142,13 148,84	6,87 6,87	8,54 8,23	45,69 47,69	2,67 2,43	4,04 4,15	1,14 1,14	211,08 219,35	11,2 12,0	18,9 18,3
Вулька	0,5 20—21,0	22,2 5,2	267,18 258,64	3,38 3,48	4,53 5,35	76,15 73,34	6,56 7,05	4,54 4,29	1,28 1,28	363,52 353,43	13,1 11,2	26,9 31,5

* Рассчитано из величин бихроматной окисляемости.

** Зимние наблюдения — март 1970 г.

определяют меньшее участие продуктов органического генезиса в формировании гидрохимического состава. Для такого типа вод характерны величины о. м. к. порядка 20—30.

Солевой состав озерных вод Полесья, судя по приведенным в табл. 1 данным, не имеет существенных отличий от соотношений ионных компонентов в водах северных озер республики. Среди анионов сохраняется зависимость $\text{НСО}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$; в катионном составе $\text{Ca} > \text{Mg}$, а $\text{Na} > \text{K}$. Отношение $\text{Ca}/\text{НСО}_3 \approx 0,3$ свойственно гидрокарбонатнокальциевому типу вод. Как интересную, но не имеющую пока убедительного объяснения особенность следует отметить необычно высокие значения отношения Ca/Mg (9—24) за счет снижения концентрации солей магния и высокую для летнего периода общую минерализацию воды в оз. Вулька, связанную с растворением углекислого кальция при выщелачивании карбонатных пород, расположенных вблизи озерной котловины.

Значительно более существенны физико-химические особенности озерных вод. Наряду с газовым режимом (O_2 , CO_2), химическим взаимодействием компонентов карбонатной системы (H_2CO_3 , H^+ , CO_3^{2-} , НСО_3^- , Ca^{2+}), для озерных вод Полесья особую роль приобретают процессы диссоциации органических кислот и их влияние на окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные свойства вод и формы связи минеральных компонентов.

Концентрация ионов водорода (рН) в гидрокарбонатнокальциевых водах определяется, как известно, соотношением форм угольной кислоты (⁴). Влияние биохимических процессов (фотосинтез, разложение отмершего органического вещества) приводит к характерным для вод замедленного водообмена сезонным и суточным колебаниям карбонатной системы в целом, и рН вод в частности. В этом отношении озерные воды Полесья ничем существенно не должны отличаться от вод озер Севера, карбонатная система которых изучалась нами ранее (⁵). Несколько иным выглядит динамика щелочно-кислотных условий в присутствии органических веществ кислой природы. На рис. 2 показано влияние органического вещества болотных вод водосбора на содержание его и величины рН в воде оз. Бобровицкого (для зимнего и летнего периода 1970 г.). Точки

отбора проб располагались в 5; 10; 100 м от устья канавы, дренирующей низинный торфяник. Результатом смешения болотных вод с озерными было закономерное снижение общего содержания и изменение качественного состава органического вещества по направлению к центру озера (доля окисления перманганатом снизилась с 68,3 до 55%). В том же направлении произошло уменьшение концентрации ионов водорода. При этом в зимних условиях величина рН закономерно увеличилась с 5,72 до 7,40, летом увеличение рН соответствовало более чем трем порядкам, что связано с интенсивностью, особенно в литоральной зоне, процессов фотосинтеза. Зона непосредственного влияния болотных вод в оз. Бобровицком ограничена, как показали наблюдения, 5—10-метровым участком литорали. В остальной открытой части водоема в летний период вода имеет устойчивую щелочную реакцию (рН 9,05—8,40, лето

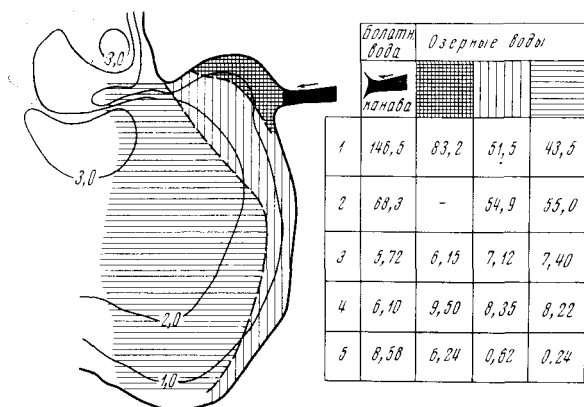


Рис. 2. Влияние органического вещества болотных вод водосбора на содержание его в озерной воде (оз. Бобровицкое, зима 1970 г.). 1 — бихроматная окисляемость; 2 — перманганатная окисляемость (% от бихроматной); 3 — рН (зима 1970 г.); 4 — рН (лето 1970 г.); 5 — Fe^{2+} (мг/л, зима 1970 г.); цифры на схеме — глубина водной массы (м)

1969 г.), в зимний — нейтральную, или слабо кислую (7,40—6,10).

При более интенсивном поверхностном водообмене влияние органического вещества на рН становится определяющим. В оз. Споровском, где воды Ясельды могут заполнить почти всю озерную котловину, мы наблюдаем общее увеличение содержания ионов водорода (по сравнению с другими озерами), связанное, по-видимому, не только с поступлением высокогумусных (окисляемость 82 мг/л) вод Ясельды, но и с несколько угнетенным фотосинтезом (O_2 56—94% насыщения). Изменение рН в озерной воде по направлению от устья Ясельды к ее истоку имеет следующий характер: р. Ясельда, устье. 7,35; озеро 7,50; 7,60; 7,95; 8,45; 8,60; р. Ясельда, исток 8,20.

В озерах Луково и Вулька характер изменения рН в объеме водной массы соответствует ослаблению влияния процессов фотосинтеза с глубиной и изменению соотношения форм угольной кислоты за счет ионно-обменных и биохимических процессов в придонных слоях.

Таким образом, через динамику концентрации водородных ионов можно судить о неустойчивости карбонатной системы озерных вод Полесья, одной из причин которой является совместное влияние биохимических про-

Таблица 2
Содержание железа в водах различных озер Полесья (июнь 1969 г.)

Озеро	Fe^{2+} , мг/л		Цветность, град *		рН		О ₂ , % насыщ.	
	поверхн.	дно	поверхн.	дно	поверхн.	дно	поверхн.	дно
Споровское	0,60	7,80	150	250	8,40	7,15	94,1	56,5
Бобровицкое	0,31	0,60	100	160	9,05	8,40	112,2	57,6
Вулька	0,23	0,62	115	105	8,50	6,95	83,5	3,5
Луково (I)	Сл.	0,62	70	95	8,65	7,38	88,4	12,0
Луково (II)	»	2,34	70	120	8,70	7,20	83,9	10,4

* Градусы бихромат-кобальтовой шкалы.

цессов и химической природы воднорастворимого органического вещества болотных вод. В таких условиях, которые мы определяли как равновесные, химическое карбонатообразование и выпадение кальция из растворов исключаются (⁶). Не может иметь места и устойчивое накопление биогенного и терригенного карбонатно-кальциевого вещества. В формирующихся донных осадках озер содержание карбонатного кальция не превышает 2—4,5% (CaO).

Несколько особенностей отличает миграцию железа в озерных водах. При обычных для поверхностных вод окислительных и щелочно-кислотных условиях ($E_h > 300$ мв; pH 7—8) железо не может мигрировать в водах в форме растворимых минеральных солей. В присутствии органических соединений оно становится миграционноспособным и удерживается в водной фазе в резко щелочной окислительной среде.

В зависимости от сезонной цикличности физико-химических условий водной массы озер железо может мигрировать из донных отложений в воду в стагнационные периоды и обратно выпадать в циркуляционные (⁷). При этом часть его, устойчиво связанная с органическим веществом, остается негидролизуемой и сохраняется в растворенном виде независимо от pH и E_h вод.

В высокогумусных озерах Белорусского Полесья количество связанного с органическим веществом железа может достигать более чем 60%, а его общее содержание 7—8 мг/л. В придонных слоях концентрация возрастает тем больше (по сравнению с поверхностью), чем больше дефицит кислорода, ниже pH и выше концентрация органического вещества (см. табл. 2).

Из рассмотренного видно, что гидрогеохимические особенности озерных вод Полесской низменности существенно связаны с влиянием на их состав органических веществ гумусового характера, степень которого может быть оценена величиной органо-минерального коэффициента. В высокогумусных озерах органическое вещество определяет физико-химические свойства вод, их растворяющую способность, миграцию кальция и железа и их участие в процессах осадкообразования.

Лаборатория геохимических проблем
Академии наук БССР
Минск

Поступило
4 II 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Геохимическая характеристика литогенеза и ландшафтов Белорусского Полесья, 1966. ² И. С. Захаренков, Тр. Белорусск. н.-и. инст. рыбн. хоз., 3, 147 (1960). ³ М. В. Лаврипович, Автореф. кандидатской диссертации, Минск, 1967. ⁴ О. А. Алекиц, Основы гидрохимии, Л., 1953. ⁵ Е. И. Лукашев, А. Л. Жуховицкая, А. А. Хомич, Матер. совещ. по геохимии гипергенеза и коры выветривания, Минск, 1969. ⁶ К. И. Лукашев, А. Л. Жуховицкая, А. А. Хомич, ДАН, 193, № 2 (1970). ⁷ В. С. Ивлев, Тр. Лимнол. станции в Косине, в. 21 (1937).